

# FUEL CELL SYSTEMS WITH A REACTION-GAS PRESSURE REGULATING SYSTEM OR VOLUME FLOW REGULATING SYSTEM IN ADDITION TO A FUEL SUPPLY AND REMOVAL SYSTEM USING A REACTION GAS VOLUME FLOW

Publication number: WO03015202

Publication date: 2003-02-20

Inventor: WEBER FLORIAN (DE); LITZKA STEFAN (DE)

Applicant: PROTON MOTOR FUEL CELL GMBH (DE); WEBER FLORIAN (DE); LITZKA STEFAN (DE)

Classification:

- International: H01M8/04; H01M8/04; (IPC1-7): H01M8/04

- European: H01M8/04C2

Application number: WO2002EP08944 20020809

Priority number(s): EP20010119341 20010810

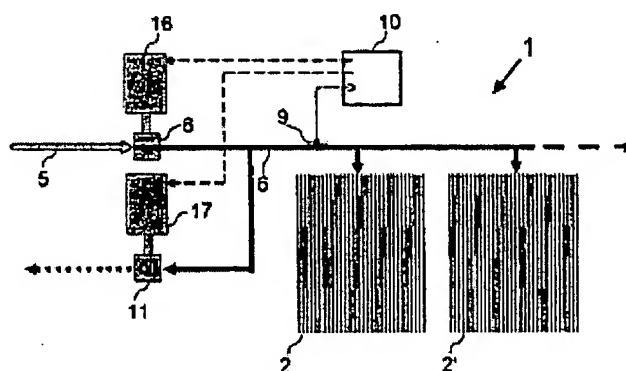
## Cited documents:

DE19956225
US5967164
FR2712099
EP0293007
US6042960

Report a data error here

## Abstract of WO03015202

The invention relates to a device and a method enabling the reaction gas pressure in fuel cells of a fuel cell system to remain constant even when high fluctuations of the reaction gas volume flow or high fluctuations occur in the decrease in performance by an electric consumer. A timed reaction gas inlet valve is used in order to guarantee pressure stability. The invention also relates to devices and methods for regulating the economy of fuel cell systems in difficult conditions of unforeseeable changes in reaction gas volume flows and in unforeseeable changes involving the decrease in performance by an electric consumer.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
20. Februar 2003 (20.02.2003)

PCT

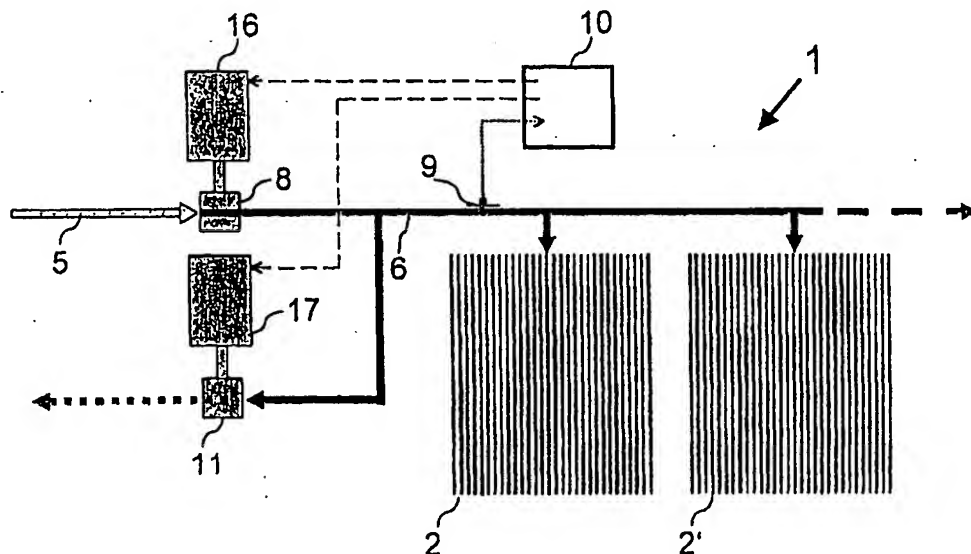
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/015202 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01M 8/04 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WEBER, Florian  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/08944 [DE/DE]; Prinz-Ludwig-Strasse 8, 85354 Freising (DE).  
LITZKA, Stefan [DE/DE]; Brunnenstrasse 28, 73734  
(22) Internationales Anmeldedatum: 9. August 2002 (09.08.2002) Esslingen (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: KLUNKER, SCHMITT-NILSON, HIRSCH;  
Winzererstrasse 106, 80797 München (DE).  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.  
(30) Angaben zur Priorität: 01119341.4 10. August 2001 (10.08.2001) EP (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): PROTON MOTOR FUEL CELL GMBH [DE/DE];  
Gautinger Strasse 6, 82231 Starnberg (DE).  
Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL CELL SYSTEMS WITH A REACTION-GAS PRESSURE REGULATING SYSTEM OR VOLUME FLOW  
REGULATING SYSTEM IN ADDITION TO A FUEL SUPPLY AND REMOVAL SYSTEM USING A REACTION GAS VOL-  
UME FLOW

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLEN-SYSTEME MIT REAKTIONSGAS-DRUCKREGELUNG ODER -VOLUMEN-  
STROMREGELUNG SOWIE BETRIEBSMITTEL-VERSORGUNG UND -ENTSORGUNG UNTER NUTZUNG EINES  
REAKTIONSGAS-VOLUMENSTROMS



(57) Abstract: The invention relates to a device and a method enabling the reaction gas pressure in fuel cells of a fuel cell system to remain constant even when high fluctuations of the reaction gas volume flow or high fluctuations occur in the decrease in performance by an electric consumer. A timed reaction gas inlet valve is used in order to guarantee pressure stability. The invention also relates to devices and methods for regulating the economy of fuel cell systems in difficult conditions of unforeseeable changes in reaction gas volume flows and in unforeseeable changes involving the decrease in performance by an electric consumer.

WO 03/015202 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren, die bzw. das es ermöglicht, den Reaktionsgas-Druck in den Brennstoffzellen eines Brennstoffzellen-Systems auch bei starken Schwankungen des Reaktionsgas-Volumenstroms bzw. bei starken Schwankungen der Leistungsabnahme durch einen elektrischen Verbraucher konstant zu halten. Zur Gewährleistung der Druckstabilität wird ein getaktetes Reaktionsgas-Einlassventil verwendet. Die Erfindung betrifft ferner Vorrichtungen und Verfahren zur Regelung des Wasserhaushalts von Brennstoffzellen-Systemen unter den erschwerten Bedingungen von

**Brennstoffzellen-Systeme mit Reaktionsgas-Druckregelung  
oder -Volumenstromregelung sowie Betriebsmittel-Versorgung  
und -Entsorgung unter Nutzung eines Reaktionsgas-Volumenstroms**

5  
10 Brennstoffzellen-Systeme versorgen elektrische Verbraucher mit elektrischer Leistung. Die dem Brennstoffzellen-System entnehmbare elektrische Leistung ist zum einen abhängig von der konstruktiven Auslegung des Brennstoffzellen-Systems, also vor allem von der Anzahl und Größe der Einzelbrennstoffzellen bzw. der Brennstoffzellen-Stapel, zum anderen von den Betriebsbedingungen. Dazu zählen in erster Linie Reaktionsgas-Drücke bzw. -Volumenströme, Betriebstemperatur und Wasserhaushalt der Brennstoffzellen.  
15

Die konstruktive Auslegung des Brennstoffzellen-Systems bestimmt die erzielbare Maximalleistung. Die zu einem bestimmten Zeitpunkt von einem elektrischen Verbraucher tatsächlich entnehmbare Leistung variiert in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen. Bei hohen Leistungsanforderungen des elektrischen Verbrauchers muss der den Brennstoffzellen zuzuführende Volumenstrom gesteigert werden bis hin zum theoretisch möglichen Maximalwert.  
20

Um einen maximalen Wirkungsgrad zu erzielen müssen die Brennstoffzellen auf einem optimalen Feuchtegehalt gehalten werden. Die Membranen von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen müssen stets einen hohen Wassergehalt aufweisen, um eine gute Protonenleitfähigkeit zu gewährleisten, da ansonsten die Brennstoffzellen-Leistung sinkt. Befindet sich jedoch zu viel Wasser in den Brennstoffzellen, führt dies zu einem Fluten der Elektroden, und die erzielbare Leistung sinkt ebenfalls.  
25

30 Bei konstanten oder nur langsam veränderlichen Leistungsanforderungen des mit elektrischer Leistung zu versorgenden elektrischen Verbrauchers ist es in der Regel unproblematisch, den Reaktionsgas -Druck bzw. -Volumenstrom des Brennstoffzel-

35 len-Systems den jeweiligen Anforderungen anzupassen. Auch die Zuführung von Befeuchtungswasser für die Membranen und ggf. von Kühlwasser, sowie die Abführung von überschüssigem Wasser kann bei konstanten oder nur langsam veränderlichen Betriebszuständen des Brennstoffzellen-Systems einigermaßen zufriedenstellend gelöst werden.

40 Bisher gibt es jedoch keine befriedigende Lösung für Fälle, in denen die Leistungsanforderungen unvorhersehbaren starken Schwankungen unterliegen können.

Bei unvorhersehbaren starken Schwankungen der Leistungsanforderungen des elektrischen Verbrauchers unterliegen auch die Reaktionsgas-Volumenströme des versorgenden Brennstoffzellen-Systems denselben Schwankungen. Häufig müssen bei 45 der Versorgung von Brennstoffzellen in ortsfesten oder mobilen Anwendungen einerseits hohe Gasvolumenströme bei zum Teil sehr geringen Drücken zur Versorgung bereitgestellt werden können, andererseits muss dieser Gasvolumenstrom oft im Bereich weniger Millisekunden auf- oder zugeregt werden können, um unzulässige 50 Drucküberschreitungen oder Druckunterschreitungen im System zu vermeiden. Außerdem besteht insbesondere bei mobilen Anwendungen Bedarf an leistungsfähigen, aber gleichzeitig kompakten und leichten Gasversorgungseinrichtungen.

Für die Druckregelung werden zur Zeit üblicherweise Kolben- oder Membran-Druckminderer eingesetzt, die jedoch hinsichtlich Volumenleistung, Druckgenauigkeit, 55 Druckreproduzierbarkeit und Regelgeschwindigkeit bei Anwendungen, die schnelle Änderungen des Reaktionsgas-Volumenstroms erfordern, nicht zufriedenstellend sind und darüber hinaus groß und schwer sind. Letzteres wirkt sich insbesondere bei mobilen Anwendungen, wie in einem Kraftfahrzeug, nachteilig aus.

60 Zur Versorgung der Polymerelektrolytmembranen von Brennstoffzellen mit Feuchtigkeit ist es bekannt, Wasser in einen Reaktionsgas-Strom einzuspeisen und von dem Reaktionsgas zu den Polymerelektrolytmembranen transportieren zu lassen. Dabei ergibt sich zum einen das Problem, dass das Befeuchtungswasser oft nicht befriedigend im Reaktionsgas-Volumenstrom verteilt wird und nur ein unkontrollierbarer Anteil 65 des Befeuchtungswassers die Membranen erreicht. Zum anderen ist die erforder-

liche Befeuchtungswassermenge abhängig von den Betriebsbedingungen des Brennstoffzellen-Systems. Insbesondere bei unvorhersehbaren schnellen Änderungen der Betriebsbedingungen kann die Änderung des Befeuchtungszustands oft  
70 nicht rasch genug erfolgen.

Außerdem wird in Brennstoffzellen kathodenseitig Wasser gebildet. Dieses Wasser sowie ggf. überschüssiges Membranbefeuchtungswasser und/oder Kühlwasser muss, um ein Fluten der Elektroden zu verhindern, aus den Brennstoffzellen entfernt  
75 werden. Zum Austreiben von Wasser aus den Brennstoffzellen gibt es derzeit mehrere Möglichkeiten, wie z.B. die wechselseitige Beschickung der Brennstoffzellen mit Gas, um durch veränderte Strömungsverhältnisse ein Austreiben von Wassertröpfchen zu erreichen. Der apparative Aufwand besteht in einem oder mehreren Ventilen zur Gasstromumlenkung und der dazu notwendigen Ansteuerelektronik. Eine weitere  
80 Möglichkeit besteht im zyklischen Ausspülen der Zelle mit Gas (Reaktionsgas) in die Umgebung. Auch hierfür werden Ventile und Ansteuerelemente benötigt. Darüber hinaus kommt es durch den Verlust an Gas zu einer teilweise drastischen Verschlechterung des Gesamtwirkungsgrades der Brennstoffzellen-Anlage. Die sicherheitstechnischen Probleme durch das Freisetzen von Gas in die Umgebung können  
85 ebenfalls nur mit zusätzlichem apparativem Aufwand gelöst werden. Eine Alternative besteht darin, mit einem Kompressor in einem Behälter ein Gasvakuum zu erzeugen und mit Reaktionsgas zyklisch in diesen Behälter hineinzuspülen. Das Spülgas könnte mit Hilfe des Kompressors wieder der Brennstoffzelle zugeführt werden. Auch hier ist ein sehr großer apparativer Aufwand notwendig. Außerdem besteht ein besonderer  
90 Nachteil bei unvorhersehbar wechselnden Betriebsbedingungen darin, dass das erforderliche Ausmaß der Wasserentfernung schwer bestimmbar und kontrollierbar ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Regelung des  
95 Drucks eines Reaktionsgases in einem Brennstoffzellen-System bereitzustellen, das es erlaubt, den Reaktionsgas-Druck mit hoher Genauigkeit zu regeln und auch bei schnellen Volumenstromänderungen Druckschwankungen im System zu vermeiden.

100 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es auch, ein Brennstoffzellen-System bereitzustellen, das für das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung des Drucks ausgelegt ist.

105 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es außerdem, ein Verfahren zur Befeuchtung eines Brennstoffzellen-Systems bereitzustellen, bei dem das Befeuchtungswasser effizient in einem Reaktionsgas-Volumenstrom verteilt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ferner, ein Brennstoffzellen-System bereitzustellen, das für das erfindungsgemäße Befeuchtungsverfahren ausgelegt ist.

110 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es darüber hinaus, ein Verfahren zum Austreiben von überschüssigem Wasser aus einem Brennstoffzellen-System bereitzustellen, bei dem die Effizienz der Wasserentfernung automatisch umso größer wird, je mehr Wasserstoff in dem Brennstoffzellen-System verbraucht wird.

115 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es zudem, ein Brennstoffzellen-System bereitzustellen, das für das Verfahren zum Austreiben von Wasser ausgelegt ist.

120 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es auch, ein Verfahren zur Anpassung der Leistung eines Brennstoffzellen-Leistungssystems an veränderliche Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers bereitzustellen, bei dem die erforderlichen Änderungen des Reaktionsgas-Volumenstroms nicht zu Druckschwankungen im Brennstoffzellen-System führen.

125 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es weiterhin, ein Brennstoffzellen-Leistungssystem bereitzustellen, das für das erfindungsgemäße Verfahren zur Leistungsanpassung ausgelegt ist.

Die Aufgabe wird gelöst durch das Brennstoffzellen-System gemäß Anspruch 1 und das Verfahren zur Regelung des Drucks gemäß Anspruch 13.

Die Aufgabe wird ferner gelöst durch das Brennstoffzellen-System gemäß Anspruch 19 und das Verfahren zum Dispergieren von Wasser in einem Reaktionsgas gemäß Anspruch 22.

135 Die Aufgabe wird außerdem gelöst durch das Brennstoffzellen-Leistungssystem und das Verfahren zur Anpassung der Leistung eines Brennstoffzellen-Leistungssystems an veränderliche Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers gemäß den Ansprüchen 24 und 26.

140 Die abhängigen Ansprüche betreffen jeweils vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung, wobei die in den abhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmale, einzeln oder in beliebiger Kombination, vorteilhafte Weiterbildungen eines jeden der in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Gegenstände darstellen.

145 Zur erfindungsgemäßen Druckregelung weist das Brennstoffzellen-System, vorzugsweise Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen-System, folgende Merkmale auf:

- mindestens einen Brennstoffzellen-Stapel,
- eine Reaktionsgas-Zuführung mit einem Hochdruckbereich und einem Niederdruckbereich zu dem Brennstoffzellen-Stapel,
- 150 - eine Vorrichtung zur Regelung des Drucks im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung mit
  - einem getakteten Reaktionsgas-Einlassventil, d.h. einem Reaktionsgas-Einlassventils des Typs mit nur zwei Schaltstellungen,
  - einer Messstelle zur Messung des Drucks oder einer druckkorrelierten Messgröße im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-
  - 155 Zuführung,
  - einer Ansteuer- und Regeleinheit zur Erfassung und Auswertung des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße und zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils in Abhängigkeit von dem Druck oder
  - 160 der druckkorrelierten Messgröße.

Der Begriff "ein" ist stets als "mindestens ein" zu verstehen.



Ein Brennstoffzellen-Stapel weist typischerweise etwa 5 bis 60 Brennstoffzellen auf, wobei die Anzahl jedoch in einem breiten Bereich variieren kann, und das Brennstoffzellen-System kann nur einen oder auch sehr viele Brennstoffzellen-Stapel aufweisen. Prinzipiell ist die Erfindung jedoch für eine beliebige Anzahl von Einzelbrennstoffzellen, beispielsweise auch für nur eine Einzelbrennstoffzelle, oder für eine beliebige Anzahl von Brennstoffzellen-Stapeln anwendbar.

Das Reaktionsgas-Einlassventil ist bevorzugt so angeordnet, dass es den Hochdruckbereich und den der Reaktionsgas-Zuführung trennt. Ist das Ventil geschlossen, ist gleichzeitig das Brennstoffzellen-System gegen die Umgebung abgeschlossen. Ein separates Absperrventil ist nicht erforderlich, da das Reaktionsgas-Einlassventil gleichzeitig als Absperrventil wirkt.

Der Druck in dem Hochdruckbereich beträgt typischerweise bis zu 200 bar, kann aber auch höher sein. In der Regel liegt er jedoch darunter, beispielsweise bei bis zu 50 bar, typischerweise etwa 5 bar. Der Druck im Niederdruckbereich des Brennstoffzellen-Systems ist systemabhängig und liegt typischerweise in einem Bereich von wenigen 100 mbar bis zu wenigen bar. Ein gängiger Druck sind etwa 2 bar.

Erfindungsgemäß wird ein Reaktionsgas-Druck oder eine druckkorrelierte Messgröße geregelt. Druckkorrelierte Messgrößen sind beispielsweise der Reaktionsgas-Volumenstrom oder der Partialdruck des Reaktionsgases. Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Messung des Reaktionsgas-Drucks im Niederdruckbereich beschrieben, was jedoch nicht als Beschränkung der Erfindung verstanden werden soll. Die Messung druckkorrelierter Messgrößen und Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils in Abhängigkeit von dem gemessenen Wert der druckkorrelierten Messgröße stellt eine gleichwertige Alternative dar.

Typischerweise ist das Reaktionsgas, dessen Druck gemessen wird, das Brenngas, z.B. Wasserstoff, aber auch in der Oxidationsmittelzuführung kann die erfindungsgemäße Regelung durchgeführt werden, sofern das Oxidationsmittel unter Druck zugeführt wird.

Die erfindungsgemäße Druck- und/oder Volumenstrom-Regelung umfasst folgende Schritte:

- kontinuierliches oder regelmäßiges Messen des Drucks oder einer druckkorrelierten Messgröße im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung,
- 200 - kontinuierliches oder regelmäßiges Erfassen oder Auswerten des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße durch Vergleichen des Ist-Werts des Drucks oder der druckkorrelierte Messgröße mit einem vorbestimmten, für das Brennstoffzellen-System typischen, Soll-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße,
- 205 - Ansteuern des Reaktionsgas-Einlassventils in Abhängigkeit von dem Druck oder der druckkorrelierten Messgröße dergestalt, dass der durch das Reaktionsgas-Einlassventil in den Niederdruckbereich strömende Reaktionsgas-Volumenstrom je Zeiteinheit erhöht wird, wenn der Ist-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße unter dem vorbestimmten Soll-Wert liegt, und verringert wird,
- 210 - wenn der Ist-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße über dem vorbestimmten Soll-Wert liegt.

Die Messung erfolgt durch konventionelle, dem Fachmann für diesen Zweck bekannte Messfühler.

215

Der gemessene Wert des, beispielsweise, Reaktionsgas-Drucks wird von einer konventionellen Ansteuer- und Regeleinheit erfasst und mit dem vorbestimmten Soll-Wert verglichen. Bei Leistungsentnahme durch einen elektrischen Verbraucher sinkt der Ist-Wert unter den Soll-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße, und es wird ein zu niedriger Wert gemessen. Ist der gemessene Wert zu niedrig, wird er durch vermehrtes Einlassen von Reaktionsgas, also durch eine Erhöhung des pro Zeiteinheit durch das Reaktionsgas-Einlassventil strömenden Reaktionsgas-Volumenstroms, erhöht. Dies erfolgt durch eine geeignete Ansteuerung des getakten Reaktionsgas-Einlassventils. Ist der gemessene Wert hingegen zu hoch, wird er durch ein verringertes Einlassen von Reaktionsgas, also durch eine Verringerung des pro Zeiteinheit durch das Reaktionsgas-Einlassventil strömenden Reaktionsgas-Volumenstroms, verringert. Dies erfolgt ebenfalls durch eine geeignete Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils.

220

225

- 230 Die Regelung des durch das getaktete Reaktionsgas-Einlassventil pro Zeiteinheit in den Niederdruckbereich strömenden Reaktionsgas-Volumenstroms erfolgt bevorzugt
-